

Открытие закономерности смены технологических укладов в ЦЭМИ АН СССР

© 2018 г. С.Ю. Глазьев

Академик РАН, Москва

E-mail: serg1784@mail.ru

Поступила в редакцию 22.01.2018 г.

Статья подготовлена в рамках научного проекта Российского фонда фундаментальных исследований «Вызовы, стоящие перед Россией, в свете формирования нового Интегрального мирохозяйственного уклада и перехода от Индустриального общества XX века к Информационному обществу XXI века» (проект 18-10-0050. В статье излагается история научного открытия закономерности периодической смены технологических укладов в ЦЭМИ АН СССР. Рассказывается о его теоретических предпосылках и ученым, работы которых были с ним связаны. Дается краткое изложение этой закономерности, показаны ее проявления в динамике различных экономических индикаторов. Доказана обусловленность жизненными циклами технологических укладов соответствующих длинных волн Кондратьева, а также периодически происходящих структурных кризисов и депрессий в мировой и национальных экономиках. Проясняется значение этого открытия для формирования оптимальной политики долгосрочного экономического развития.

Ключевые слова: технологический уклад, длинные волны, воспроизводство, технологическая совокупность, развитие экономики, экономический рост, структурные изменения, ЦЭМИ АН СССР, цикл накопления капитала.

Классификация JEL: O11, O20, O33, P21, F02, F62, N10.

DOI: 10.31857/S042473880000655-9

В начале 1980-х годов вопросы измерений экономического роста и теории научно-технического прогресса находились в центре исследовательской работы отдела Д.С. Львова, который занимался, казалось бы, сугубо прикладной тематикой — оценкой эффективности капиталовложений в развитие народного хозяйства. Эта работа велась с использованием методологии теории оптимального функционирования экономики, разрабатывавшейся в ЦЭМИ АН СССР под руководством академика Н.П. Федоренко (Федоренко, 1968). Она была сродни поиску философского камня — в условиях планирования “от достигнутого уровня” требовалось найти предельный коэффициент эффективности капитальных вложений, исходя из гипотетической модели оптимального управления народнохозяйственным комплексом. При этом его реальное развитие направлялось комбинацией ведомственных интересов, потребностей населения, требований обороноспособности, политических амбиций и было далеко от оптимального.

В это время в экономике СССР усиливались диспропорции, приводившие к нарастающему технологическому отставанию и замедлению экономического роста. Практика народнохозяйственного планирования приспосабливалась к этим диспропорциям, игнорируя предлагавшуюся экономической наукой постановку задачи — оптимизацию управления развитием народного хозяйства и вытекающие из ее методики экономические оценки. В ответ на эти вызовы Д.С. Львов поддержал создание нового направления исследований — измерения технико-экономического развития СССР в сравнении с другими странами. Конечной целью этих исследований был поиск закономерностей технико-экономического развития, опираясь на которые можно было бы построить эталонную траекторию развития народнохозяйственного комплекса для постановки задачи оптимизации капитальных вложений (Львов, Глазьев, 1987). Ее решение открыло бы возможность для дополнения разрабатывавшейся в ЦЭМИ системы моделей оптимального функционирования экономики описанием изменяющейся во времени ее технологической структуры. Незадолго до краха СССР по заказу Государственного комитета по науке и технике нами (Д.С. Львов,

С.Ю. Глазьев) была разработана методология выбора приоритетных направлений НТП на основе моделирования жизненных циклов технологических совокупностей в контексте смены технологических укладов.

Следует отметить, что первые исследования в этой области автор настоящей статьи проводил под руководством Е.Г. Ясина, который поставил задачу оценить уровень технического развития народного хозяйства. Для этого автор сконструировал образец, в качестве которого по каждому из основных направлений НТП выбиралась передовая страна. Затем, сравнивая с ним динамику показателей технического развития СССР, рассчитывались показатели его отставания: фактического (число лет, прошедших с момента нахождения образца на текущем уровне развития СССР) и перспективного (сколько лет, при сохранении сложившихся тенденций, потребуется СССР, чтобы догнать текущий уровень образца) (Глазьев, 1985).

Для обобщения множества показателей технико-экономического развития по предложению П.Ф. Андруковича был применен *метод главных компонент*, успешно использовавшийся им ранее в качестве эффективного инструмента многомерного статистического анализа взаимосвязанных показателей сложных экономических процессов (Андрукович, 1973). Полученная в итоге обобщенная характеристика технико-экономического развития СССР и других развитых стран оказалась весьма репрезентативной на интервале 1950—1970 гг. (Глазьев, 1986в). Но, начиная с мирового экономического кризиса 1973 г., скорость изменения используемых показателей резко снизилась, корреляция перестала быть статистически значимой. С этого момента для измерения технико-экономического развития потребовался *другой набор исходных показателей*. Чтобы правильно их подобрать, потребовалось содержательное описание соответствующих периодов НТП. Работа над этой проблемой вскрыла ряд особенностей этого процесса, не вписывавшихся ни в теорию оптимального функционирования экономики, ни в привычные эконометрические модели.

Во-первых, неравномерность технико-экономического развития предопределяет нелинейность и, в ряде случаев, немонокотонность изменения показателей этого процесса.

Во-вторых, со временем меняется набор исходных показателей, отражающих НТП.

В-третьих, определяющие экономическое развитие технологические сдвиги вызывают колебания экономической активности и соответствующие изменения макроэкономических показателей.

Выяснилось, что ни исходные признаки технико-экономического развития, ни результирующие экономический рост показатели не обладают свойствами устойчивости и линейности, позволяющими использовать стандартные методы эконометрического анализа для прогнозирования траектории народнохозяйственного развития и линейного программирования — для ее оптимизации. Перестали казаться очевидными закономерности концентрации и специализации производства, роста его фондовооруженности и эффективности. Оказалось, что соотношение эволюционного и революционного, фондо- и трудосберегающего НТП, специализированных и универсальных, диверсифицированных и концентрированных производств может существенно меняться в результате крупномасштабных технологических сдвигов.

Следует заметить, что на тот момент развитие экономики не имело системного научно-технологического объяснения и представлялось, в зависимости от научной школы, как колебания экономической активности вокруг некоторого равновесного состояния как последовательность меняющихся в связи с инновациями равновесных состояний, как процесс поступательного развития производительных сил, а для социалистических стран — как планомерный процесс повышения эффективности экономики.

Взгляды представителей классической школы основываются на учении А. Смита о природе национального богатства, в котором экономический рост объясняется приростом факторов производства и повышением их производительности в результате разделения труда и накопления капитала с его последующим инвестированием (Смит, 2007). При этом игнорирование научно-технологического прогресса (далее — НТП) привело классическое направление к ошибочной гипотезе о долгосрочной тенденции снижения нормы прибыли капитала (начиная с “закона убывающего

плодородия почвы” Т. Мальтуса (Мальтус, 2000)), не учитывающего способности НТП преодолеть ограниченность ресурсов, которая в пределе должна была привести к падению накопления и прекращению экономического роста. Это заблуждение разделял и К. Маркс (Маркс, Энгельс, 1962, т. 26), который связывал тенденцию к снижению нормы прибыли с гипотезой о постоянном повышении органического строения капитала (уменьшение доли переменного капитала по сравнению с постоянным). Сводя НТП к повышению производительности труда, марксистское учение повторяло ошибочную гипотезу о долгосрочной тенденции к снижению нормы прибыли, из которой делало вывод о том, что производство в капиталистической системе теряет стимул к росту, отчего последний замедляется вплоть до прекращения (Там же).

Экономические школы маржиналистского направления придерживались статичного равновесного подхода, уделяя мало внимания проблемам роста. Пытаясь объяснить экономический рост, А. Маршалл (Автономов, 2000, гл. 31, с. 540) выделял уровень развития техники и производительность труда как один из основных факторов роста (Маршалл, 1993, т. 1, с. 208), рассматривая при этом равномерный экономический рост, не выделяя НТП как фактор развития. Р. Солоу предложил (Солоу, 1996; Solou, 1956, p. 64; 1985, p. 125) математическую модель производственной функции, включавшую НТП как фактор экономического роста наравне с объемом трудовых ресурсов и капитала. Эти построения упрощенно подходили для описания экономического роста как стационарного процесса с экзогенно задаваемыми НТП и нормой сбережений.

До сих пор в современной экономической теории преобладает формальный подход к анализу экономического роста, основанный на неокейнсианской (модель Харрода—Домара) и неоклассической (модель роста Солоу), а также посткейнсианской (модель Калдора) моделях (Автономов, 2000, гл. 31.3, 31.4, 31.5), предложенных еще в прошлом веке. Их суть заключается в формальном отражении роста, но не касается вопросов развития. Начиная с 1980-х годов предпринимались попытки формального включения НТП в модели роста. В их основе лежит принцип возрастающей отдачи (положительного внешнего эффекта): в модели П. Ромера (Romer, 1996) — от расходов на НИОКР; в модели Р. Лукаса (Лукас, 2013) — от инвестиций в человеческий капитал. Эти эконометрические подходы не вникают во внутренний механизм развития экономики, рассматривают ее рост как стационарный одномерный процесс. Поэтому они оказались не способны предвидеть структурные кризисы мировой экономики, объяснить неравномерность ее развития, предложить практические рекомендации для управления этим процессом.

Тем не менее невозможность адекватного применения эконометрических методов для всей траектории технико-экономического развития не означает, что они не могут работать на ее отдельных участках. Существует немало работ удачного построения производственных функций, описывающих динамику макроэкономических агрегатов в зависимости от объемов используемых трудовых ресурсов и основного капитала в периоды устойчивого экономического роста. Есть примеры весьма близкого к реальности моделирования динамики даже российской экономики, до сих пор не вошедшей в режим устойчивого воспроизводства (Макаров и др., 2016). По мере удлинения периода наблюдений надежность основанных на экстраполяции эконометрических методов моделирования развития экономики быстро снижается. Возник вопрос о периодизации процесса технико-экономического развития, его разбиения на этапы относительно устойчивого экономического роста. По предложению Г.И. Микерина наша лаборатория занялась изучением длинных волн Кондратьева.

Н.Д. Кондратьев развил теорию экономического роста (Кондратьев, 1991, 2002), опираясь на принцип динамического равновесия, рассматривая процесс долгосрочного экономического роста как последовательный переход от одних равновесий (“концетров”) к другим на рынках товаров, труда и капитала. Причем смена равновесий на первых двух рынках он относил к росту, а на последнем — к развитию, которое и обеспечивает существование больших циклов конъюнктуры. Однако оставались непонятными причины и механизмы формирования этих циклов (длинных волн Кондратьева).

Не прояснили эти причины работы другого классика, считающегося одним из основателей теории экономического развития, — Й. Шумпетером (Шумпетер, 1982, гл. 2). Он разграничил понятия “рост” и “развитие” и охарактеризовал последнее как осуществление предпринимателя-

ми “новых комбинаций” средств производства. Однако само по себе это определение не объясняло неравномерности технико-экономического развития, упрощенно трактуя этот процесс как последовательную смену состояний равновесия.

Несколько приблизился к объяснению неравномерности технико-экономического развития С. Кузнец (Kuznets, 1930, 1968), который на основе эмпирических данных динамики производства и его структуры открыл закономерность, связывающую динамику показателей роста производства с жизненным циклом доминирующей в отрасли инновации. Однако он рассматривал развитие не как внутренний процесс воспроизводства экономики, а как последовательность революционных импульсов НТП, запускающих цикл экономической активности в нижней его точке экзогенным образом.

Обзор существовавших на тот момент теорий длинных волн убедил нас в реальности их существования (Микерин, Глазьев, Тесля, 1991). Развернувшаяся в это время на Западе дискуссия (Freeman, 1996; Freeman, 1987; Dosi, Freeman, Fabiani, 1994) раскрыла связь длинных волн с колебаниями инновационной активности (Mensch, 1975), а также с крупномасштабными технологическими сдвигами в энергетической и транспортной инфраструктуре (Marchetti, Nakicenovic, 1979; Грублер, 2002). Исследования А. Грублера и Г. Доси позволили выявить феномен синхронизации взаимосвязанных технологических изменений в процессе формирования технологических траекторий (Dosi, 1982). Параллельно Нельсон и Винтер развивали теорию эволюционной экономики (Nelson, Winter, 1982), рассматривающей развитие экономики как нелинейный процесс воспроизводства сложившихся рутинных практик хозяйственного поведения. Ощущение взаимной зависимости этих технологических изменений, а также соответствующих им управленческих практик и длинных циклов колебаний экономической активности нашло выражение во введенном К. Перес понятии “технико-экономическая парадигма” (Perez, 2002).

До понимания структуры технико-экономического развития оставалось сделать один шаг — раскрыть способ связывания множества различных технологических изменений в крупномасштабные технологические сдвиги, вызывающие длинноволновые колебания. Таким способом связывания является технологическая сопряженность, обеспечивающая синхронность расширения и эволюции взаимосвязанных своими входами и выходами производств. Крупные комплексы таких производств были названы автором *технологическими совокупностями* — комплексом технологически сопряженных (или близких по техническому уровню) производств (Глазьев, 1986а, 1986б).

Прочность связей между входящими в одну технологическую совокупность производствами обусловлена требованиями качественного соответствия сопряженных технологических процессов. Жесткое сцепление элементов технологической совокупности предполагает ее техническую однородность (примерно одинаковые технический уровень производства, качество продукции, сырья и материалов, квалификация занятых, культура организации труда, развитие по согласованным технологическим траекториям). Включение в технологическую совокупность производств, чей технический уровень резко отличается от остальных, обычно является весьма сложным и экономически невыгодным мероприятием, так как требует либо реконструкции смежных процессов (если внедряемая технология превосходит их по техническому уровню), либо чревато падением эффективности производства по всей технологической совокупности и снижением качества ее конечной продукции (при внедрении технологий сравнительно низкого уровня).

Технологическая сопряженность входящих в технологическую совокупность производственных процессов обуславливает синхронизацию их развития. Возникновение, расширение, стабилизация и упадок производств, входящих в одну технологическую совокупность, происходит более или менее одновременно. Возникновение новых цепочек сопряженных технологических процессов вследствие внутренней целостности технологической совокупности означает вытеснение старых. Поэтому любые серьезные нововведения внутри технологической совокупности принимают характер ее реконструкции на новой технической основе, которая может привести к появлению новой технологической совокупности.

Как правило, каждая технологическая совокупность связана со многими смежными, — она соединяет множество технологических цепочек. Последние распределены в технологическом

пространстве не равномерно, а в виде пучков связанных друг с другом в узловых технологических совокупностях однотипных цепей. Их однотипность означает взаимное дополнение изготавливаемых продуктов, замыкание на один тип потребления, ориентацию на ресурсы приблизительно одинакового качества, общую культуру производства и технический уровень производственных процессов, использование в качестве основных одинаковых конструкционных материалов и энергоносителей, средств транспорта и связи.

В процессе развития сопряженные технологические совокупности приспосабливаются к потребностям друг друга. Естественное стремление субъектов хозяйствования к стабильности производства придает кооперационным связям между технологическими совокупностями воспроизводящийся характер. В экономике складываются устойчивые технологические цепи, которые объединяют сопряженные друг с другом технологические совокупности, осуществляющие последовательные переделы определенного набора ресурсов — от добычи полезных ископаемых до производства предметов конечного потребления.

Введению понятия технологической совокупности предшествовали многочисленные исследования процессов технико-экономического развития. Была отработана классификация нововведений (Mensch, 1975), позволяющая упорядочить их поток и объяснить эффект связывания инновационной активности вокруг формирующихся технологических траекторий. А.Е. Варшавский раскрыл фундаментальные особенности НТП (Варшавский, 1984). Было изучено множество жизненных циклов отдельных технологий (Сахал, 1985). В работах Н.И. Комкова (Комков, 1978), Ю.В. Яковца и других отечественных ученых разработана теория научно-производственного цикла. Ю.В. Яременко открыл явление технологической многоуровневости народного хозяйства, а в разработанной им модели межотраслевых взаимодействий показано относительно автономное существование каждого уровня, отличающегося требованиями к качеству используемых производственных ресурсов (Яременко, 1981). Введенное В.И. Даниловым-Данильяном понятие воспроизводственного контура (Данилов-Данильян, Рывкин, 1982) позволило представить соединение технологически сопряженных производств в воспроизводящуюся целостность. Наконец, в обсуждениях этой тематики с Ю.В. Сухотиным и В.Е. Деметьевым родилось понятие “технологический уклад”, которое впервые было сформулировано автором в 1985 г. (Глазьев, 1985). В научный обиход оно вошло после публикации совместной с Д.С. Львовым статьи (Львов, Глазьев, 1986, с. 793—804). В дальнейшем оно развивалось автором в многочисленных исследованиях, результаты которых обобщены в ряде монографий (Глазьев, 1993, 2010). В 2016 г. было зарегистрировано научное открытие со следующей формулой: “Установлена неизвестная ранее закономерность смены технологических укладов, каждый из которых представляет воспроизводящуюся целостность технологически сопряженных однородных по техническому уровню производств в процессе развития мировой и национальных экономик, заключающаяся в том, что технологический уклад в своем жизненном цикле проходит фазы эмбрионального развития в условиях доминирования предшествующего технологического уклада, рождения при исчерпании последним возможностей расширения, роста, зрелости и упадка, проявляющиеся в форме длинноволновых колебаний экономической активности с чередованием периодов устойчивого подъема и неустойчивого депрессивного состояния”¹.

Технологический уклад обладает сложной внутренней структурой, формирующейся в процессе его развития. Ключевую роль в его становлении играют базисные нововведения, определяющие формирование ядра технологического уклада и революционизирующие технологическую структуру экономики. Производства, интенсивно использующие продукцию ядра технологического уклада и играющие ведущую роль в его распространении, составляют его несущие отрасли. Образующие технологический уклад технологические цепи охватывают совокупности технологически сопряженных производств всех уровней переработки ресурсов и замыкаются на соответствующий тип непродовольственного потребления. Последний, завершая воспроизводственный контур технологического уклада, служит одновременно важнейшим источником его расширения, обеспечивая воспроизводство трудовых ресурсов соответствующей квалификации.

¹ Научное открытие “Закономерность смены технологических укладов в процессе развития мировой и национальных экономик” (свидетельство о регистрации № 65-S выдано Международной академией авторов научных открытий и изобретений под научно-методическим руководством Российской академии естественных наук).

Поскольку каждая совокупность технологически сопряженных производств (посредством пронизывающих ее технологических цепей) оказывается более или менее жестко связанной с другими технологическими совокупностями, постольку происходящие в ней изменения, с одной стороны, ограничены способностями смежных технологических совокупностей усваивать эти изменения, а с другой стороны, сами генерируют в своей структуре соответствующие изменения. Из этого следует, что составляющие технологический уклад производственно-технологические системы изменяются более или менее синхронно. Развитие и расширение каждого технологического процесса обусловлено развитием всей группы сопряженных технологических систем. Таким образом, каждый технологический уклад является самовоспроизводящейся целостностью, вследствие чего техническое развитие экономики не может происходить иначе как путем последовательной смены технологических укладов.

Жизненный цикл технологического уклада на поверхности экономических явлений отражается в форме длинной волны Кондратьева с фазами, соответствующими этапам этого цикла. Фаза депрессии соответствует этапу зарождения соответствующего технологического уклада, фаза оживления — этапу его становления, фаза подъема длинной волны — этапу его роста, фаза рецессии — этапу его зрелости, характеризующемуся исчерпанием возможностей дальнейшего экономического роста, продолжение которого становится возможным с переходом к новому технологическому укладу (рис. 1).

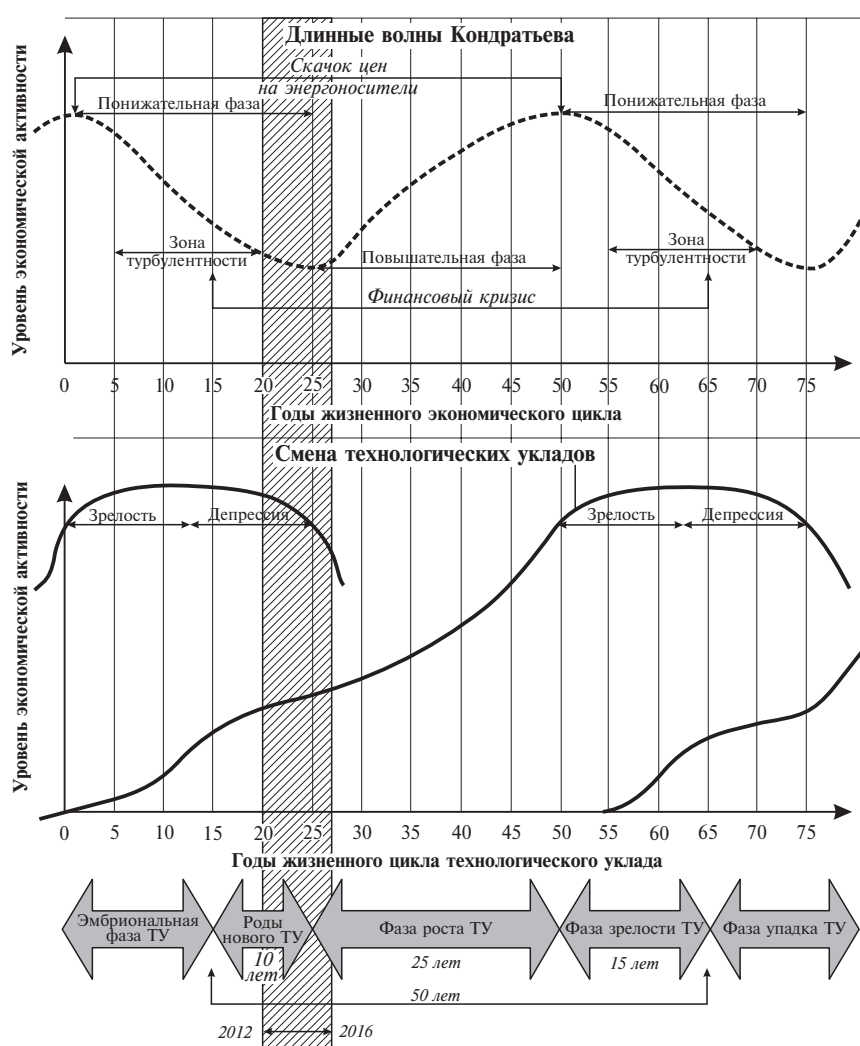


Рис. 1. Жизненный цикл технологического уклада

На разных фазах жизненного цикла технологического уклада меняется соотношение эволюционного и революционного, фондо- и трудосберегающего НТП, специализированных и универсальных, диверсифицированных и концентрированных производств. В разных технологических укладах эти соотношения воспроизводятся на меняющейся технологической основе. Концентрация производства на основе комплексной автоматизации отличается от концентрации на основе конвейерных линий. Но общий механизм, обеспечивающий циклические колебания указанных соотношений, остается в принципе неизменным в течение последних трех столетий.

Фаза роста нового технологического уклада сопровождается не только снижением издержек производства, которое происходит особенно быстро с формированием его воспроизводственного контура, но и перестройкой экономических оценок в соответствии с условиями его воспроизводства. Изменение соотношения цен способствует повышению эффективности составляющих новый технологический уклад технологий, а с вытеснением традиционного технологического уклада — эффективности всего общественного производства. Наиболее четко эти изменения проявляются в периодически происходящих колебаниях цен на энергоносители — с резкого повышения этих цен начинается падение эффективности доминирующего технологического уклада и процесс его замещения новым, более эффективным (Marchetti, Nakicenovic, 1979). По мере роста нового технологического уклада энергоемкость общественного производства снижается, падает спрос на энергоносители, снижаются цены на них, а также на энергоемкие материалы и сырье, что создает благоприятные условия для возобновления экономического роста на основе нового технологического уклада.

Смена технологических укладов сопровождается *технологическими революциями*, в ходе которых происходит резкий рост инновационной активности, быстрое повышение эффективности производства, социально-экономическое признание новых технологических возможностей, изменение ценовых пропорций в соответствии со свойствами новой технологической системы. Технологическая революция сопровождается массовым обесценением капитала, задействованного в производствах устаревшего технологического уклада, их сокращением, ухудшением экономической конъюнктуры, углублением внешнеторговых противоречий, обострением социальной и политической напряженности. На поверхности экономических явлений этот период выглядит как глубокая депрессия, сопровождающаяся ухудшением макроэкономических индикаторов, — падением или снижением темпов роста ВВП и промышленного производства, ростом безработицы.

Открытие закономерности периодической смены технологических укладов позволило объяснить периодически происходящие затяжные депрессии, обусловленные сменой технологических укладов в капиталистической экономике, а также открыть явление технологической многоукладности в экономике СССР и объяснить причины замедления ее роста (Глазьев, 1986).

Закономерность смены технологических укладов проявляется в периодически происходящих *изменениях в социальных и институциональных системах*, а также в структурах управления производством, которые приводят профессиональные навыки граждан и менеджмент организаций в соответствие с новыми условиями и снимают тем самым социальную напряженность, а также способствуют массовому внедрению технологий нового технологического уклада, соответствующего ему типа потребления и образа жизни. После этого начинается фаза быстрого расширения нового технологического уклада, который становится основой ускоряющегося экономического роста и занимает доминирующее положение в структуре экономики. В фазе роста нового уклада большинство технологических цепей предшествующего перестраиваются в соответствии с его потребностями. В это же время зарождается следующий, новейший, технологический уклад, который пребывает в эмбриональной фазе до достижения доминирующим технологическим укладом пределов роста, после чего начинается очередная технологическая революция.

В процессе смены технологических укладов изменяется *структура спроса на научные открытия и изобретения*. Многие из них остаются длительное время невостребованными, поскольку они не вписываются в производственно-технологические системы доминирующего технологического уклада. Лишь с исчерпанием возможностей его роста возникает потребность в принципиально новых технологиях, конкурентный отбор которых формирует основы новых технологических

траекторий. Предпосылки их появления создаются заблаговременно в виде соответствующих заделов в НИОКР, опытных производствах, базисных технологиях. Ко времени, когда традиционные технологические возможности расширения капитала вследствие насыщения соответствующих потребностей и достижения пределов в повышении эффективности производства оказываются исчерпанными, указанные предпосылки реализуются, превращаясь из потенциальных способов вложения капитала в реальные.

Смена технологических укладов сопровождается обесценением производительного капитала в устаревающих производствах, образованием финансовых пузырей вследствие оттока капитала из реального сектора экономики в финансовый, резким повышением значения роли государства в стимулировании инвестиционной и инновационной активности в перспективных направлениях роста нового технологического уклада. В этот период передовые страны переживают глубокий экономический кризис, а у отстающих стран возникает возможность экономического рывка за счет своевременного освоения производств нового технологического уклада.

Представление долгосрочного технико-экономического развития как процесса смены технологических укладов позволяет проводить измерения процессов долгосрочного экономического развития. Результаты этих измерений с использованием материалов конкретно-исторических эмпирических исследований мировой и российской экономики выявили *становление и смену пяти технологических укладов* (Глазьев, 1993) (рис. 2). На этой теоретической основе выявлены причины современного кризиса мировой экономики, даны прогнозы его дальнейшего развертывания, обоснованы предложения для модернизации и опережающего развития российской экономики на основе нового, шестого, технологического уклада как ключевого направления антикризисной политики (Глазьев, 2007).

Достоверность открытия закономерности периодической смены технологических укладов подтверждается предсказанными на ее основе колебаниями цен на нефть, произошедшим раздуванием и схлопыванием финансовых пузырей, падением темпов экономического роста, финансовым кризисом и депрессией в передовых странах, преодоление структурного кризиса в которых происходит в настоящее время благодаря росту нового, шестого, технологического уклада. Измерения распространения его ключевых технологий позволяют констатировать прохождение новым технологическим укладом фазы родов с выходом в ближайшее время в фазу роста, в которой он займет доминирующее положение в экономике передовых стран и обеспечит их вывод на новую длинную волну Кондратьева (Глазьев, 2010).

Произошедший в нулевые (2000-е) годы всплеск цен на нефть и другие энергоносители свидетельствует о достижении пределов роста пятым технологическим укладом. В настоящее

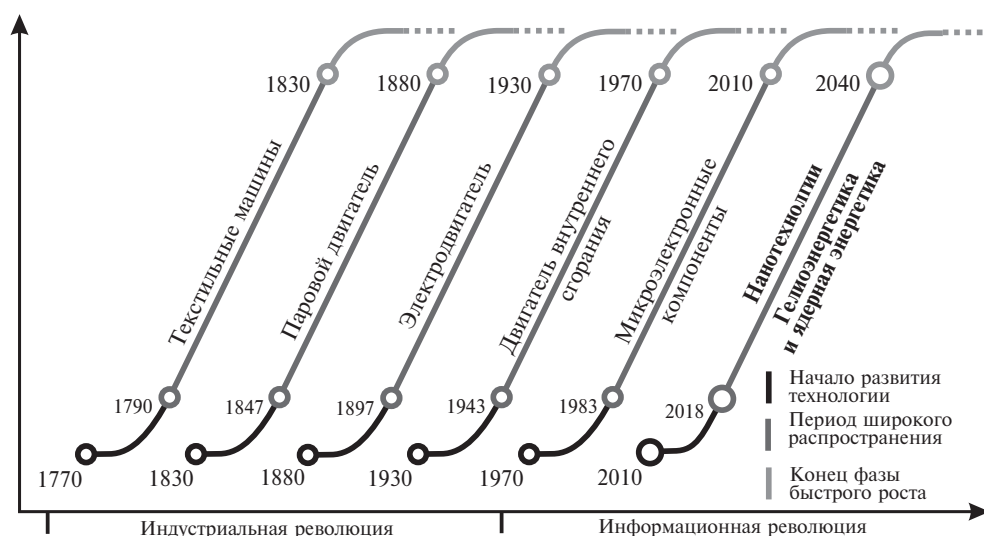


Рис. 2. Смена технологических укладов в ходе современного экономического развития с указанием их ключевых технологий преобразования энергии в работу

время происходит становление нового, шестого, технологического уклада. Сегодня формируются ключевые направления экономического роста в долгосрочной перспективе. Своевременное развитие ключевых производств шестого технологического уклада закладывает сравнительные преимущества, которые будут определять геоэкономическую конкуренцию до середины XXI в. Уже определились его ключевые направления: биотехнологии, основанные на достижениях молекулярной биологии и геной инженерии; нанотехнологии; системы искусственного интеллекта; глобальные информационные сети и интегрированные высокоскоростные транспортные системы; аддитивные технологии (рис. 3). Дальнейшее развитие получают гибкая автоматизация производства, космические технологии, производство конструкционных материалов с заранее заданными свойствами, атомная промышленность, авиаперевозки. Рост атомной энергетики и потребления природного газа будет дополнен расширением сферы использования водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, существенно расширится применение возобновляемых источников энергии.

Произойдет еще большая интеллектуализация производства, переход к непрерывному инновационному процессу в большинстве отраслей и непрерывному образованию в большинстве профессий. Завершится переход от “общества потребления” к “интеллектуальному обществу”, в котором важнейшее значение приобретут требования к качеству жизни и комфорту среды обитания. Производственная сфера перейдет к экологически чистым и безотходным технологиям. В структуре потребления доминирующее значение получают информационные, образовательные, медицинские услуги, обеспечивающие воспроизводство человеческого капитала (Глазьев, Харитонов, 2009).

Переход к шестому технологическому укладу совершается через очередную технологическую революцию, кардинально повышающую эффективность основных направлений развития экономики. Стоимость производства и эксплуатации средств вычислительной техники на нанотехнологической основе снизится еще на порядок, многократно возрастут объемы ее применения в связи с миниатюризацией и приспособлением к конкретным потребительским нуждам. Медицина получит технологии борьбы с болезнями на клеточном уровне, предполагающие точную доставку лекарственных средств в минимальных объемах и с максимальным использованием способностей организма регенерироваться. Наноматериалы обладают уникальными потребительскими свойствами, которые создаются целевым образом, в том числе в целях многократного повышения прочности, износостойкости, надежности создаваемых из них изделий. Трансгенные культуры

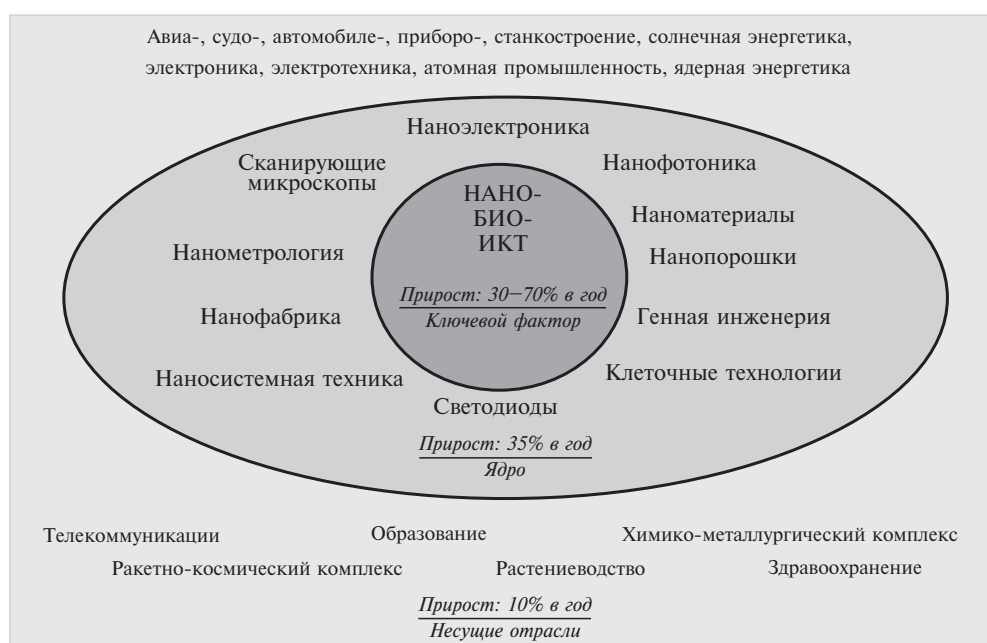


Рис. 3. Структура нового (VI) технологического уклада

многократно снижают издержки, повышают эффективность и улучшают потребительские качества фармацевтического и сельскохозяйственного производства. Генетически модифицированные микроорганизмы будут использоваться для извлечения металлов и чистых материалов из горнорудного сырья, революционизируя химико-металлургическую промышленность. В машиностроении на основе системы “нанокomпьютер — наноманипулятор” создаются сборочные автоматизированные комплексы и 3D-принтеры, способные собирать любые макроскопические объекты по заранее снятой либо разработанной трехмерной сетке расположения атомов. С развитием наномедицинских роботов, методов адресной доставки лекарств к пораженным участкам организма, клеточных технологий в медицине кардинально расширяются возможности профилактического лечения и продления человеческой жизни.

Открытие периодически происходящего процесса смены технологических укладов позволило выявить причины разворачивающегося в настоящее время кризиса мировой экономики и повышения военно-политической напряженности (Глазьев, 2016). Его *преодоление произойдет на новой длинной волне экономического роста*, материально-техническую основу которого составит новый, шестой (в классификации автора), технологический уклад. Происходящее в настоящее время быстрое распространение его ключевых технологий революционизирует традиционные и порождает новые направления экономического роста, повышая экономическую эффективность производства и расширяя возможности потребления, создавая новые сферы экономической деятельности.

Из открытия закономерности периодической смены технологических укладов следует, что для любой страны необходимым условием благополучного выхода из кризиса является наличие *собственной стратегии долгосрочного развития*, ориентированной на сохранение своего экономического потенциала и опережающее создание предпосылок роста производств нового технологического уклада. Для этого необходимы *эффективная система стратегического планирования и мощная национальная финансово-инвестиционная система*, опирающаяся на внутренние источники кредита и защищенная от дестабилизирующих воздействий мирового финансового рынка.

На основании теории долгосрочного технико-экономического развития — как процесса последовательной смены технологических укладов — разработана *стратегия опережающего развития российской экономики* (Глазьев, 2017). Ее ключевая идея заключается в опережающем становлении базисных производств нового технологического уклада в экономике России и ее скорейшем выводе на связанную с ним длинную волну экономического роста. Для этого необходима концентрация ресурсов в развитии составляющих новый технологический уклад производственно-технологических комплексов, что предполагает проведение целенаправленной денежно-кредитной политики. Создание необходимой для этого системы макроэкономического регулирования, включающей механизмы денежно-кредитной, налогово-бюджетной и валютной политики, ориентированной на становление ядра нового технологического уклада, должно стать стержнем антикризисной стратегии. В.Е. Дементьев обосновал ее смешанный характер: наряду с опережающим развитием нового технологического уклада она должна включать *стратегию динамического наверстывания* в отраслях, где российские производители близки к мировому технологическому уровню, *и догоняющего развития*, где отставание стало критическим (Дементьев, 2009а, с. 6—21, 2009б, с. 34—48). Необходимым условием ее успеха является достижение синергетического эффекта, что предполагает комплексное формирование сопряженных кластеров производств нового технологического уклада и согласование макроэкономической политики с приоритетами долгосрочного технико-экономического развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Автономов В. (2000). История экономических учений. М.: Инфра-М.
- Андрукович П. (1973). Применение метода главных компонент в практических исследованиях. М.: Изд-во Московского университета. Вып. 36.
- Варшавский А.Е. (1984). Научно-технический прогресс в моделях экономического развития. М.: Финансы и статистика.

- Глазьев С. (1985). Методы оценки динамических характеристик НТП // *Известия АН СССР. Серия экономическая*. № 1.
- Глазьев С. (1986а). НТП и воспроизводственные структуры в народном хозяйстве. Препринт. М.: ЦЭМИ АН СССР.
- Глазьев С. (1986б). Проблемы хозяйственного механизма управления научно-техническим процессом. Препринт. М.: ЦЭМИ АН СССР.
- Глазьев С. (1986в). Отражение НТП в показателях удельных затрат материальных ресурсов. В сб.: *“Методология оценки эффективности общественного производства”*. Препринт. М.: ЦЭМИ АН СССР.
- Глазьев С. (1986г). Экономические измерения технического развития народного хозяйства. Автореф. дисс. на соискание степени канд. экон. наук. М.
- Глазьев С. (1993). Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВлаДар.
- Глазьев С. (2007). Развитие российской экономики в условиях глобальных технологических сдвигов. Научный доклад. М.: Национальный институт развития.
- Глазьев С. (2010). Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. М.: Экономика.
- Глазьев С. (2016). Последняя мировая война. США начинают и проигрывают. М.: Книжный мир.
- Глазьев С.Ю. (2017). Экономика будущего. Есть ли у России шанс? М.: Книжный мир.
- Глазьев С.Ю., Харитонов В.В. (ред.) (2009). Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике. М.: Тривант.
- Грублер А. (2002). Инновации и экономический рост. М.: Наука.
- Данилов-Данильян В.И., Рывкин А.А. (1982). Воспроизводственный аспект экономического развития и некоторые проблемы управления // *Экономика и математические методы*. Т. XX. Вып. 1.
- Дементьев В.Е. (2009а). Технологические сдвиги и альтернативность экономического развития. В сб.: *“Теория и практика институциональных преобразований в России”*. Вып. 13. М.: ЦЭМИ РАН. С. 6—21.
- Дементьев В.Е. (2009б). Догоняющее развитие через призму теории “длинноволновой” технологической динамики: аспект “окон возможностей” в кризисных условиях // *Российский экономический журнал*. № 1—2. С. 34—48.
- Комков Н.И. (1978). Модель управления научными исследованиями и разработками. М.: Наука.
- Кондратьев Н.Д. (1991). Основные проблемы экономической статики и динамики: Предварительный эскиз. М.: Наука.
- Кондратьев Н.Д. (2002). Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Яковец Ю.В. (сост.). М.: Экономика.
- Лукас Р.Э. (2013). Лекции по экономическому росту (Lectures on Economic Growth). М.: Изд-во Института им. Гайдара.
- Львов Д.С., Глазьев С.Ю. (1986). Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // *Экономика и математические методы*. Т. 22. Вып. 5. С. 793—804.
- Львов Д.С., Глазьев С.Ю. (1987). Структурная политика технического развития. В сб.: *“Методология оценки эффективности общественного производства”*. М.: ЦЭМИ АН СССР.
- Макаров В.Л., Айвазян А.А., Афанасьев А.А., Бахтизин А.Р., Нанавян А.М. (2016). Моделирование развития экономики региона и эффективность пространства инноваций // *Форсайт*. Т. 1. № 3. С. 76—90.
- Мальтус Т.Р. (2000). Опыт о законе народонаселения. Кн. I, гл. 1. В кн.: Автономов В. *“История экономических учений”*. М.: Инфра-М.
- Маркс К., Энгельс Ф. (1962). Сочинения. 2-е изд. Т. 26. М.: Государственное издательство политической литературы.
- Маршалл А. (1993). Принципы экономической науки. Т. 1. С. 208. М.: Прогресс.
- Микерин Г., Глазьев С., Тесля П. (1991). Длинные волны: НТП и социально-экономическое развитие. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение.
- Сахал Д. (1985). Технический прогресс: концепции, модели, оценки. М.: Финансы и статистика.
- Смит А. (2007). Исследование о природе и причинах богатства народов. Серия: Антология экономической мысли. М.: Эксмо.

- Солоу Р. (1996). Перспективы теории роста // *Мировая экономика и международные отношения*. № 8. С. 69—77.
- Федоренко Н.П. (1968). О разработке системы оптимального функционирования экономики. ЦЭМИ АН СССР. М.: Наука.
- Шумпетер Й. (1982). Теория экономического развития. М.: Прогресс.
- Яременко Ю.В. (1981). Структурные изменения в социалистической экономике. М.: Мысль.
- Dosi G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change // *Research Policy*. Vol. 11 (3). P. 147—162.
- Dosi G., Freeman C., Fabiani S. (1994). The Process of Economic Development: Introducing Some Stylized Facts and Theories on Technologies, Firms and Institutions // *Industrial and Corporate Change*. Vol. 3 (1). P. 1—45.
- Freeman C. (1987). Technical Innovation, Diffusion, and Long Cycles of Economic Development. In: “*The Long-Wave Debate*”. Vasko T. (ed.). P. 295—309.
- Freeman C. (ed.) (1996). Long Wave Theory. Vol. XXXVI. Cheltenham, Brookfield: E. Elgarpubl.
- Kuznets S. (1930). Secular Movements in Production and Prices: Their Nature and Their Bearing upon Cyclical Fluctuations. Boston: Houghton Mifflin.
- Kuznets S. (1968). Toward a Theory of Economic Growth, with Reflections on the Economic Growth of Modern Nations. N.Y.: W.W. Norton & Co.
- Marchetti C., Nakicenovic N. (1979). The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model. RR-79-13. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Mensch G. (1975). Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression. Frankfurt am Main: Umschau. Verlag.
- Nelson R.R., Romer P.M. (1996). Science, Economic Growth and Public Policy // *Challenge*. March — April. P. 9—21.
- Nelson R.R., Winter S.G. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge: Harvard University Press. P. 72—136.
- Perez C. (2002). Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. London: Elgar.
- Soloy R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 70. No. 1. P. 64.
- Soloy R. (1985). The Input of Growth. In: Mokyr J. “*The Economics of the Industrial Revolution*”. London: Allen & Unwin.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Andrukovich P. (1973). Application of the Principal Components Method in Practical Research. Moscow: Izdatelstvo Moskovskogo Universiteta, 36 (in Russian).
- Avtonomov V. (2000). History of Economic Thought. Moscow: Infra-M (in Russian).
- Danilov-Danil'an V.I., Ryvkin A.A. (1982). Reproductive Dimension of Economic Development and Some Governance Issues. *Economics and Mathematical Methods*, XX, 1, (in Russian).
- Dement'ev V.E. (2009a). Technological Developments and Alternative Economic Development. In: “*Theory and Practice of Institutional Transformations in Russia*”, 13. Moscow: CEMI RAS, 6—21 (in Russian).
- Dement'ev V.E. (2009b). Catching up Development Through the Prism of the Theory of “Long-Wave” Technological Dynamics: The Aspect of “Windows of Opportunities” in Crisis Conditions. *Russian Economic Journal*, 1—2, 34—48 (in Russian).
- Dosi G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. *Research Policy*, 11 (3), 147—162.
- Dosi G., Freeman C., Fabiani S. (1994). The Process of Economic Development: Introducing Some Stylized Facts and Theories on Technologies, Firms and Institutions. *Industrial and Corporate Change*, 3 (1), 1—45.
- Fedorenko N.P. (1968). The Development of a System of Optimal Functioning of the Economy. CEMI AS USSR. Moscow: Nauka (in Russian).

- Freeman C. (1987). Technical Innovation, Diffusion, and Long Cycles of Economic Development. In: “*The Long-Wave Debate*” Vasko T. (ed.), 295—309.
- Freeman C. (ed.) (1996). Long Wave Theory. Cheltenham: E. Elgarpubl, XXXVI.
- Glaziev S. (1985). Methods for Estimating Dynamic Characteristics of STP. *News of Academy of Sciences of the USSR. Economic Series*, 1 (in Russian).
- Glaziev S. (1986a). STP and Reproduction Structures in the National Economy. Preprint. Moscow: CEMI AS USSR (in Russian).
- Glaziev S. (1986b). Problems of Economic Mechanism of Management of Scientific and Technical Process. Preprint. Moscow: Central Economics and Mathematical Institute AS USSR (in Russian).
- Glaziev S. (1986c). Reflection of STP in Terms of Unit Costs of Material Resources. In: “*Methodology for Assessing the Efficiency of Public Production*”. Preprint. Moscow: Central Economics and Mathematical Institute AS USSR (in Russian).
- Glaziev S. (1986d). Economic Dimensions of the Technical Development of the National Economy. Thesis for the Degree of Cand. Sc. (Economics). Moscow (in Russian).
- Glaziev S. (1993). Theory of Long-Term Technical and Economic Development. Moscow: VlaDar (in Russian).
- Glaziev S. (2007). Development of the Russian Economy in the Conditions of Global Technological Shifts. Scientific report. Moscow: National Institute of Development (in Russian).
- Glaziev S. (2010). Strategy of Advanced Development of Russia in the Conditions of Global Crisis. Moscow: Ekonomika (in Russian).
- Glaziev S. (2016). The Last World War. The US Start and Loose. Moscow: Knizhnyi Mir (in Russian).
- Glaziev S.Yu. (2017). The Economy of the Future. Does Russia Have a Chance? Moscow: Knizhnyi Mir (in Russian).
- Glaziev S.Yu., Kharitonov V.V. (eds) (2009). Nanotechnology As a Key Factor in the New Technological Order in the Economy. Moscow: Trovant (in Russian).
- Gruebler A. (2002). Innovation and Economic Growth. M.: Nauka (in Russian).
- Komkov N.I. (1978). The Management Model of Scientific Research and Development. Moscow: Nauka (in Russian).
- Kondrat'ev N.D. (1991). Main Problems of Economic Statics and Dynamics: Preliminary Sketch. Moscow: Nauka (in Russian).
- Kondrat'ev N.D. (2002). Large Cycles of Conjuncture and the Theory of Foresight. Yakovets Yu.V. (orig.). Moscow: Ekonomika (in Russian).
- Kuznets S. (1930). Secular Movements in Production and Prices: Their Nature and Their Bearing upon Cyclical Fluctuations. Boston: Houghton Mifflin.
- Kuznets S. (1968). Toward a Theory of Economic Growth, with Reflections on the Economic Growth of Modern Nations. N.Y.: W.W. Norton & Co.
- Lucas R.E. (2013). Lectures on Economic Growth. Moscow: Izdatelstvo Instituta Gaidara (in Russian).
- L'vov D.S., Glaziev S.Yu. (1986). Theoretical and Applied Aspects of STP Management. *Economics and Mathematical Methods*, 22, 5, 793—804 (in Russian).
- L'vov D.S., Glaziev S.Yu. (1987). Structural Policy of the Technical Development. In: “*Methodology for Assessing the Efficiency of Public Production*”. Moscow: CEMI AS USSR (in Russian).
- Makarov V.L., Aivazian A.A., Afanasyev A.A., Bakhtizin A.R., Nanavyan A.M. (2016). The Simulation of the Development of the Regional Economy and Efficiency of Space Innovation. *Foresight*, 1, 3, 76—90 (in Russian).
- Malthus T.R. (2000). An Experience on the Principle of Population. Vol. I. Ch. 1. In: Avtonomov V. “*History of economic thought*”. Moscow: Infra-M (in Russian).
- Marchetti C., Nakicenovic N. (1979). The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model. RR-79—13. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Marshall A. (1993). Principles of Economics. Vol. 1. Moscow: Progress (in Russian).
- Marx K., Engels F. (1962). Compositions. Vol. 26. Moscow: Gosudarstvennoe Izdatel'stvo Politicheskoi Literatury (in Russian).

- Mensch G.** (1975). *Das Technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression*. Frankfurt am Main: Umschau Verlag.
- Mikešin G., Glaziev S., Teslya P.** (1991). *Long Waves: Scientific and Technical Progress and Socio-Economic Development*. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe Otdelenie (in Russian).
- Nelson R.R., Romer P.M.** (1996). Science, Economic Growth and Public Policy. *Challenge*, March–April, 9–21.
- Nelson R.R., Winter S.G.** (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press, 72–136.
- On a Strategy of Development of Economy of Russia (2011). Scientific Report under Editorship by S. Glaziev. Moscow: National Institute of Development (in Russian).
- Perez C.** (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. London: Elgar.
- Sakhal D.** (1985). *Technical Progress: Concepts, Models, Estimates*. Moscow: Finansy i Statistika (in Russian).
- Schumpeter J.A.** (1982). *Theory of Economic Development*. Moscow: Progress (in Russian).
- Science, Society, State: History of Interaction, Balance of Interests, Mutual Responsibility, Modern Imperatives (2016). In: Glaziev S. Stepin V., Ivakhnenko E., Gelvanovskiy M., Zakharov A. (eds). Moscow: National Institute of Development (in Russian).
- Smith A.** (2007). Research on the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Series: Anthology of Economic Thought. Moscow: Eksmo (in Russian).
- Solow R.M.** (1996). Prospects of Growth Theory. *World Economy and International Relations*, 8, 69–77 (in Russian).
- Solow R.** (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65–94.
- Solow R.** (1985). The Input of Growth. In: Mokyr J. In: “*The Economics of the Industrial Revolution*”. London: Allen & Unwin.
- Varshavskii A.E.** (1984). *Scientific and Technological Progress in Economic Development Models*. Moscow: Finansy i Statistika (in Russian).
- Yaremenko Yu.V.** (1981). *Structural Changes in the Socialist Economy*. Moscow: Mysl’ (in Russian).

The Discovery of Regularities of Change of Technological Orders in the Central Economics and Mathematics Institute of the Soviet Academy of Sciences

S.Yu. Glaziev

Academician RAS, Moscow, Russia

E-mail: prm_glazyev@gov.ru

Received 22.01.2018

The article relates the history of the discovery of the periodic change of technological structures’ regularities in the Central Economics and Mathematics Institute of the Soviet Academy of Sciences. It tells about its theoretical prerequisites and scientists who worked in this field. The author offers a brief description of this regularity and points to its manifestations in dynamics of various economic indicators. Moreover, he demonstrates the conditionality of technological life cycles of the corresponding Kondratiev’s long waves, as well as of the periodically occurring structural crises and depressions in the world and national economies. Finally, the author explains the importance of this discovery for the formation of an optimal policy of the long-term economic development.

Keywords: technological structure, long waves, reproduction, technological set, economic development, economic growth, structural changes, Central Economics and Mathematics Institute of Academy of Sciences of the USSR, the cycle of capital accumulation.

JEL Classification: O11, O20, O33, P21, F02, F62, N10.

DOI: 10.31857/S042473880000655-9